Wurzelentwicklung verschiedener Kartoffelsorten

nach den Verhältnissen des Göttinger Versuchsfeldes.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Hohen Mathematischen-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Otto Kläsener
aus Buer-Erle.

Referent: Prof. Dr. Otto Tornau.

1925

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548122_0146

Wurzelentwicklung verschiedener Kartoffelsorten nach den Verhältnissen des Göttinger Versuchsfeldes.

Von

OTTO KLÄSENER-Buer-Erle.

Wohl auf keinem Gebiete des Pflanzenbaues herrscht noch soviel Unklarheit wie auf dem der Wurzelkenntnis unserer Kulturpflanzen. Und doch ist für uns ein anschauliches Bild des Wurzelsystems, der Tiefgang der Wurzel und ihre Seitenausbreitung, sowie ihr Einfluß auf die oberirdischen Organe und den Ertrag von der größten Wichtigkeit. Die Pflanzen nehmen mit Hilfe ihrer oberirdischen Organe die Kohlensäure aus der Luft, sämtliche anderen Nährstoffe aber aus dem Boden. Hier ist es Aufgabe der Wurzeln, die Pflanze im Boden zu befestigen, aus dem Boden Wasser und Bodensalze aufzunehmen und zum Sprossystem hinzuleiten. Wir sehen also die große Bedeutung, die den Wurzeln zukommt. Abgesehen von der Natur der Pflanze ist ein Wurzelsystem abhängig von der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens.

„Die Pflanzenwurzel wächst, wenn sie eine bestimmte Länge erreicht hat, gleichzeitig in die Dicke. Hierbei muß sie fast überall feste Bodenteilchen verdrängen. Befindet sich der Boden in Einzelkonstruktur, so muß sie hierbei die ganzen Teilchen verdrängen und, falls dieses bei zu enger Lagerung der Bodenteilchen nicht möglich ist, empordrücken. Hierzu ist eine entsprechend große Arbeit erforderlich, welche die Pflanzen oft nicht mehr zu leisten vermögen. In diesem Falle gedeiht sie nicht mehr normal. So finden wir im Seesande, im Dünensande, wie im festgelegten Flugsande zunächst vor der Ansammlung von Humusteilchen eine

sehr kümmerliche Vegetation, welche oft lediglich auf diesen Umstand zurückzuführen sein dürfte."[1]) Es erklärt sich hieraus zum Teil auch die Tatsache, daß durch die tiefere Bodenbearbeitung die Erträge relativ steigen. Ist der Boden in Krümelstruktur, so braucht die Pflanzenwurzel bei ihrem Dickenwachstum die Bodenteilchen nicht emporzuheben. Es ist erklärlich, daß der Druck, den die Wurzeln bei der Verdrängung der Bodenkrümel ausüben müssen, um so geringer ist, je kleiner die Bodenkrümel sind. Der Landwirt muß also auf eine möglichst feine, gleichmäßige Bearbeitung des einzusäenden Bodens sehen und darauf achten, daß dieser Bodenzustand bis zum Abschluß des Längen- und Dickenwachstums der Wurzel anhält.

Der Einfluß der chemischen Bodenbeschaffenheit — ein mehr oder weniger nährstoffreicher Boden — auf die Entwicklung des Wurzelsystems ist leicht erklärlich. Nach Untersuchungen von Burmester[2]) setzt „mangelhafter Nährstoffvorrat im Ackerboden im allgemeinen die quantitative Ausbildung der oberirdischen Organe und der Wurzeln in ihrer absoluten Größe herab, wobei die Verminderung der oberirdischen Substanz mit zunehmender Abnahme eines Nährstoffes wesentlich mehr beschleunigt wird, als die der Wurzeln. In diesem Kampfe ums Dasein behauptet die Pflanze ihre Existenz durch eine größere Wurzelentwicklung. Die hierauf verwendete Substanz und Energie geht der Ausbildung der oberirdischen Organe verloren, wobei es fraglich bleibt, ob die Wurzeln die auf ihre Ausbildung verwendete Menge an Energie und Baustoffen durch nutzbringende Arbeit ihrerseits wieder wettmachen, so daß also ein positiver Erfolg übrig bleibt. Eine Nährstoffzufuhr durch Düngung muß also neben der Ertragsteigerung die Pflanze von einer unwirtschaftlichen Wurzelentwicklung zurückhalten und sie vielmehr veranlassen, die etwa hierauf verwendete Menge an Baustoffen und Energie nur zur Ausbildung der oberirdischen Organe zu verwenden."

Als ältere Arbeiten über Wurzeluntersuchungen führe ich zunächst die von H. Thiel,[3]) C. Fraas,[4]) Müller-Thurgau[5])

[1]) Mitscherlich, Bodenkunde 1905. S. 124.

[2]) Burmester, Journal f. Landwirtschaft 1913.

[3]) H. Thiel, Bewurzelung 1865.

[4]) C. Fraas, Das Wurzelleben der Pflanzen 1872.

[5]) Müller-Thurgau, Über Bedeutung und Wachstum der Wurzeln. Landw. Jahrb. 1875.

und aus jüngerer Zeit die von Werner-Berlin[1]) und Schultz-Lupitz[1]) an.

Diese genannten Forscher haben nicht allein die Tatsache konstatiert, daß allgemeine Gesetzmäßigkeiten über die Wurzelentwicklung der Pflanzen überhaupt bestehen, sondern daß jede Art und Varietät ebenso wie beim Wachstum ihrer oberirdischen Organe so auch bei der Entwicklung ihres Wurzelsystemes nach einem bestimmten, ihr von der Natur vorgezeichneten Plane verfährt.

Wurzeluntersuchungen über Leguminosen lieferten uns Fruwirth,[2]) Hellriegel[2]) und C. Kraus.[2])

Über den Wurzeltiefgang, über die Entwicklung der Wurzeln und ihr Gewicht zur oberirdischen Substanz in verschiedenen Vegetationsstadien, über das Bewurzelungsvermögen der Getreidearten im Vergleich mit anderen Pflanzenarten sind ebenfalls mannigfache Untersuchungen gemacht worden. Zu erwähnen sind hier: Hellriegel,[3]) Haberlandt,[4]) Heinrich,[5]) Garola,[6]) Nobbe,[7]) Nowacki[8]) und Fittbogen.[9]) Eine sehr anschauliche Arbeit über das Wurzelsystem der Getreidearten gibt uns der Wurzelatlas von Schulze-Breslau.

Remy[10]) und v. Seelhorst[11]) stellten Untersuchungen an über das Bewurzelungsvermögen der Kartoffel. Von Interesse für uns sind vor allen Dingen die Feststellungen des letzteren, da sie ebenfalls wie unsere im Göttinger Versuchsfelde — also auf gleichem Boden — gemacht wurden. Trotzdem stehen sie sehr im Widerspruch zu unseren Resultaten. v. Seelhorst fand Kartoffelwurzeln nur bis zu einer Tiefe von 0,75 m und glaubt auch den

---

[1]) Werner u. Schultz-Lupitz, Berichte, Jahrb. der D. L. G. 1891. S. 71.
[2]) Wollny, Forschungen Bd. 15—19.
[3]) Hellriegel, Naturwissenschaftliche Grundlagen, S. 115.
[4]) Haberlandt, Östr. landw. Wochenblatt 1875. Nr. 495, S. 580.
[5]) Heinrich, Landw. Annalen des Mecklbg. patriotischen Vereins 1876. Nr. 7, S. 52—53.
[6]) Garola, Journal d'agriculture 1891. Bd. 1, Nr. 129.
[7]) Nobbe, Landw. Versuchs-Station. Bd. 11, S. 106.
[8]) Nowacki, Getreidebau.
[9]) Fittbogen, Landw. Versuchs-Station. Bd. 6, S. 474.
[10]) Remy, Kartoffelbau 1909.
[11]) v. Seelhorst, Journal f. Landw. 1902. S. 91.

Wurmlöchern keinen Einfluß auf den Wurzeltiefgang beimessen zu können, während wir in unseren Untersuchungen einen bedeutend größeren Wurzeltiefgang festzustellen vermochten und diesen vor allen Dingen auf den sehr günstigen Einfluß der Wurmlöcher zurückführen konnten. Weiter unten werden wir hierauf noch zurückkommen.

Da wir gesehen haben, daß die Ausbildung des Wurzelsystemes abhängig ist von der physikalischen und chemischen Bodenbeschaffenheit, wird es angebracht sein, das Göttinger Versuchsfeld in dieser Hinsicht zu untersuchen und gleichzeitig die klimatischen Verhältnisse Göttingens anzuführen.

TORNAU[1]) führt darüber folgendes aus: Göttingen liegt bekanntlich in dem Grenzgebiet zwischen See- und Kontinentalklima und zeigt deutlich die Nachteile einer derartigen Lage. Der ozeanische Einfluß äußert sich in ziemlich starker Bewölkung, während der des Kontinentalklimas recht erhebliche Temperaturschwankungen und häufige Spät- und Frühfröste bedingt. THIELE (Deutschlands landwirtschaftliche Klimatographie S. 143) gibt an, daß im Durchschnitt der letzte Nachtfrost im Frühjahr am 29. April, der erste Herbstfrost am 24. Oktober eintritt, so daß also danach 178 frostfreie Tage zu verzeichnen wären. Gleichzeitig erwähnt er aber auch, daß in einzelnen Jahren selbst noch am 19. Mai ein Sinken des Thermometers unter 0° beobachtet werden konnte, während der erste Herbstfrost sich bereits am 16. September einstellte. Da überhaupt die Frühjahrstemperatur in Göttingen ziemlich niedrig ist, so ergibt sich eine verhältnismäßig kurze Vegetationszeit. Über mittlere Lufttemperatur, Regenmenge und Luftfeuchtigkeit macht THIELE folgende Angaben:

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli
Luft-Mittel . . .	—0,4	1,2	3,5	8,1	12,1	16,1	17,7
Temperatur in ° C. Max.	8,8	10,3	14,9	21,1	25,8	26,5	29,8
Temperatur in ° C. Min.	—13,6	—11,9	—7,1	1,9	2,7	5,7	8,0
Regentage . . .	14	14	16	12	14	14	16
Regenmengen . .	30	37	40	35	41	56	67
Rel. Luftfeuchtigkeit in Proz. .	84	84	81	74	71	74	76

[1]) TORNAU, Göttinger Hafer 1, 2, 3, 4, Diss.

	Aug.	Septbr.	Oktbr.	Novbr.	Dezbr.	Jahres-durch-schnitt
Luft-Mittel . . .	16,9	14,0	9,0	3,5	0,5	8,5
Tempe- ratur in ° C. Max.	29,2	25,9	20,2	12,1	9,4	29,8
Tempe- ratur in ° C. Min.	6,5	2,1	—1,8	—6,6	—11,8	—13,6
Regentage . . .	71	12	13	15	18	115
Regenmengen . .	66	41	44	45	40	542
Rel. Luftfeuchtigkeit in Proz. .	78	80	84	86	88	80

Die Ausgiebigkeit der jährlichen Regenmenge ist danach ziemlich gering und auf Göttingens Lage im Regenschatten der Harzvorberge zurückzuführen. Sie schwankte jedoch beträchtlich, wie die beobachteten Extreme von 674 mm und 432 mm zeigen. „Auf Mai—Juli entfallen mit sehr geringen Abweichungen 30 %; auf Mai—September 50 % der jährlichen Summe. Am schwächsten sind die Regenfälle in den ersten 4 Monaten des Jahres, von denen der März am reichlichsten bedacht ist. Das Minimum wechselt unter den übrigen dreien ab und tritt im allgemeinen nicht merklich hervor. Nach gleichmäßigem, im Mai beginnenden Anschwellen, werden dem Juli die größten Niederschlagsmengen zu teil, der August hat annähernd dieselben. Im September findet dagegen eine starke Verminderung statt, so daß dieser Monat mit seinem Quantum die ersten vier Monate wenig oder gar nicht übertrifft.“ (Ebenda S. 140.) Die Winterniederschläge sind wie überall in ozeanisch beeinflußten Klimagebieten ziemlich erheblich.

Recht gleichmäßig über das ganze Jahr verteilen sich die Regentage, deren durchschnittliche Anzahl 171 beträgt, so daß längere Dürreperioden nicht häufig auftreten. „In den Vegetationsmonaten mit den ergiebigsten Regenfällen, von Juni bis August, sind die Regentage nicht häufiger als im Winter, so daß die Regendichte im Sommer größer ist.“ (Ebenda S. 140.) Es ist dies ein Vorteil für die Vegetation, da sonst den Pflanzen in dieser Zeit nur mäßige Feuchtigkeitsmengen zur Verfügung stehen würden. Zusammenfassend kann man also das Göttinger Klima als ziemlich kühl bezeichnen, mit mittlerer Regenmenge, hoher Luftfeuchtigkeit und starker Bewölkung.

Die Witterungsverhältnisse in der Zeit der Vegetationsperiode für das Jahr 1923 waren folgende:

	Temperatur in 10 cm Bodentiefe	Maximal-temperatur	Minimal-temperatur	Regen-höhe	Sonnen-schein	Temperatur 6^{h} abends
19—31. April	—	12,0°	3,0°	27,8	63^{h} 00′	9,3°
Mai . . .	12,4°	13,8°	7,4°	126,0	136^{h} 00′	13,7°
Juni . . .	12,9°	15,08°	8,16°	62,9	70^{h} 00′	12,98°
Juli . . .	29,0°	24,7°	12,4°	51,7	241^{h} 10′	21,8°
August . .	18,1°	21,35°	10,26°	61,2	211^{h} 10′	18,45°
September .	14,3°	18,6°	8,6°	45,3	127^{h} 35′	15,4°
Oktober . .	10,8°	14,74°	7,32°	156,9	66^{h} 45′	12,08°

Das Jahr 1923 war also reich an Niederschlägen. Für die Monate April bis Oktober betrug die Regenhöhe 559 mm; dieselbe beträgt nach den Angaben THIELES 350 mm, die Jahresmenge 542 mm.

Diese Feststellung ist für unsere Untersuchungen von großer Bedeutung, da nach der allgemein herrschenden Ansicht[1]) die Wurzeln in „nassen" Jahren nicht in größere Tiefen eindringen, da sie in den oberen Bodenschichten genügend Feuchtigkeit vorfinden. Wie wir sehen werden, stimmt diese Ansicht mit unseren Resultaten nicht überein.

Über das Göttinger Versuchsfeld gibt uns v. SEELHORST[2]) folgende Angaben: „Das 6,41 ha große Göttinger Versuchsfeld ist vollkommen eben, von gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit und liegt auf Diluviallehm". Über die Schichtung und Zusammensetzung des Bodens sagt er folgendes:

„Die Bodenschichtung im nördlichen Teile des Gartens ist folgende:

1. 0,5—0,75 m humoser, mergliger Lehmboden; 3,72% Humus, 3,17% Kalk, 48,6% abschlämmbare Teile, steinlos, Farbe: dunkel.
2. von 0,75—3,0 m Lehm.
3. von 3,0 m an Kies.

Die mechanische Analyse einer Bodenprobe vom Felde A hat folgende Ergebnisse geliefert:

---

[1]) So auch E. STÖSSNER, Landw. Jahrb. 1887. Bd. 16.

[2]) v. SEELHORST, Das landwirtschaftliche Versuchsfeld der Universität Göttingen. S. 5ff.

Es enthalten 1000 g	Ackerkrume	Untergrund 0,5 bis 1,0 m tief
	g	g
Abschlämmbare Teile	486,36	531,00
Feiner Sand unter 0,5 mm Durchmesser	479,10	462,88
Grober Sand 0,5—1,0 mm Durchmesser	10,85	3,73
Perlsand 1—2 mm Durchmesser	12,20	1,88
Feiner Kies 2—3 mm Durchmesser	2,64	0,25
Grober Kies über 3 mm Durchmesser	9,84	0,86

Nach der chemischen Analyse einer Bodenprobe von demselben Felde enthielten 1000 g:

	Ackerkrume	Untergrund
	g	g
Hygroskopisches Wasser	26,909	24,583
Fester gebundenes Wasser	16,631	7,398
Organische Substanz (Humus)	37,210	29,368
In kalter Salzsäure unlöslich	834,960	882,678
In kalter Salzsäure löslich:		
Eisenoxyd	11,096	11,511
Manganoxyduloxyd	2,440	1,508
Tonerde	6,957	8,576
Magnesia	3,349	2,592
Kalk	31,798	14,679
Natron	0,261	0,167
Kali	0,975	0,708
Phosphorsäure	3,703	0,108
Schwefelsäure	0.463	0,270
Kieselsäure	0,185	0,134
Kohlensäure	16,890	9,380
	993,827	993,663
Verlust	6,173	6,337
Gesamtstickstoff	2,50	0,531

Bemerkenswert ist nach dieser Analyse der ganz auffallend reiche Gehalt der Ackerkrume an Phosphorsäure. Daß dieser Reichtum an Phosphorsäure nicht dem Boden eigentümlich, sondern durch Düngung zugeführt ist, zeigt der geringe Phosphorsäuregehalt des Untergrundes: 0,1 %. Der Phosphorsäurereichtum des bisher zugeführten Düngers erklärt sich durch den Umstand, daß das fragliche Land seit vielen Jahren in einzelnen Parzellen als Gemüseland verpachtet gewesen und während dieser Zeit mit

städtischen Abfallstoffen gedüngt ist. Das angebaute Gemüse hat zudem verhältnismäßig wenig Phosphorsäure und viel Kali gebraucht. Der Kaligehalt der Ackerkrume weicht deshalb von dem des Untergrundes nur wenig ab."

Die Forschungen über Wurzelfragen im allgemeinen befinden sich noch vollständig in Fluß. In der einschlägigen Literatur finden wir oft noch widersprechende Angaben. Man hat sich oft auch verleiten lassen, aus ganz speziellen Verhältnissen auf die große Allgemeinheit zu schließen. Vor allen Dingen hat man die Resultate aus Topfversuchen auch auf das Freiland übertragen, was wohl nie richtig sein dürfte und auch mit unseren Resultaten in Widerspruch steht. Daß wir bisher in der Erforschung dieser wichtigen Materie nicht weit vorwärts gekommen sind, liegt wohl an den Schwierigkeiten, die sich bei der technischen Ausführung der Wurzeluntersuchungen ergeben. Wir haben bisher noch keine Methode, die uns in den Stand setzt, die Bewurzelung unserer anzubauenden Pflanzen nach allen Richtungen hin exakt zu studieren. So mannigfaltig auch die benutzten Methoden sind von HELLRIEGEL[1]) bis auf ROTMISTROFF,[2]) es haften ihnen allen Fehler gröberer oder feinerer Natur an.

Bei unseren Untersuchungen sind wir nach folgender Methode vorgegangen: Die Pflanzen wurden mittels eines eisernen Stechzylinders von einer Höhe von 0,25 m und einem Durchmesser von 0,20 m mit der Erde aus dem Boden gehoben, auf ein selbstkonstruiertes Nagelbrett von 0,30 m Höhe seitlich aufgelegt und sorgfältig eingedrückt. Durch einen Wasserstrahl wurde dann die anhaftende Erde abgespült. Anhaftende Steinchen und dergl. wurden mit der Pinzette entfernt. Auf diese Art erhielten wir auf dem Nagelbrett ein ziemlich genaues Bild des Wurzelsystems. Da nun Längenmessungen auf diesem Nagelbrette nicht möglich waren, wurde das Wurzelbild aufgezeichnet, alsdann jede Wurzel einzeln abgenommen und gemessen.

Bei fortschreitender Entwicklung aber genügte dieser Zylinder nicht mehr, wir nahmen alsdann einen größeren Zylinder von

---

[1]) HELLRIEGEL, Beiträge zur naturwissenschaftlichen Grundlage des Ackerbaues, Braunschweig 1883.

[2]) ROTMISTROFF, Die Gebiete der Verbreitung der Wurzeln bei einjährigen Kulturpflanzen. Russisches Journ. f. experimentelle Landwirtschaft Bd. 9, 1908 S. 6ff und 24.

einer Höhe von 0,25 und einem Durchmesser von 0,35 m. Die weitere Verarbeitung der Pflanzen war genau dieselbe wie bei den ersten Pflanzen. Gleichzeitig wurde — was auch schon mit dem kleinen Zylinder geschah — der Boden um die Pflanze herum herausgenommen und auf dem Nagelbrette ausgespült, um auch die Wurzeln, die eine größere Seitenausbreitung hatten, zu gewinnen. Desgleichen wurde auch der Boden unter der ersten herausgenommenen Bodenschicht herausgenommen und ausgespült. Daß bei dieser Art der Wurzelgewinnung trotz sorgfältiger Arbeit Fehler nicht vermieden werden konnten, liegt auf der Hand. Trotzdem glauben wir, ziemlich genaue Resultate gefunden zu haben. Auf diese Art und Weise wurden nun die ersten 10 Pflanzen der „Ebstorfer Heideperle“ einer Untersuchung unterzogen.

Da wir aber schon bei dieser ersten Gruppe große Schwierigkeiten zu überwinden hatten, entschlossen wir uns, schon bei der Untersuchung der nächsten Gruppe uns einer anderen Methode zu bedienen. Wir gingen dazu über, jede einzelne Wurzel von oben aus frei zu legen. Eine kleine Handschaufel und eine Pinzette bildeten dabei das Werkzeug. Nachdem dann eine Wurzel freigelegt war, wurde ihr Tiefgang und ihre Seitenausbreitung gemessen und nach der Abnahme auch ihr Längenmaß festgestellt und notiert. Es war dies zwar eine schwierige Arbeit, doch blieb uns kein anderer Weg offen, um sämtliche Wurzeln einer Pflanze zu gewinnen. Kleinere Verluste fanden auch hierbei statt durch das Abreißen kleiner Faserwurzeln — ein Umstand, der sich trotz aller Vorsicht nicht ganz vermeiden ließ. Trotz alledem können wir wohl behaupten, ein genaues Bild des Wurzelsystems bekommen zu haben.

Bei unseren Untersuchungen stand uns folgendes Material zur Verfügung:

1. Ebstorfer Up to date = Auslese,
2. Julikartoffel,
3. Thieles weiße Riesen,
4. Göttinger Industrie.

Um auch einen Vergleich anstellen zu können zwischen Pflanzen aus dem Freilande und Topfpflanzen, wurden am 5. Juni je 6 „Thieles weiße Riesen“ und „Original Ebstorfer Up to date“ in Töpfen von 0,30 m Durchmesser und einer Tiefe von 1,50 m ausgepflanzt. Die mit Boden aus dem Versuchsfelde gefüllten

Töpfe waren seit 2 Jahren unbenutzt. Zudem waren die Töpfe unten offen und standen in einer Grube auf gewachsenem Boden, so daß man auch hier von einem „unbegrenzten" Wurzeltiefgangsvermögen sprechen kann.

„Ebstorfer Up to date."

Bevor wir zu unseren ersten Untersuchungen herantreten, sei hier Bearbeitung und Düngung des Bodens angeführt. Als Vorfrucht trug der Boden Weizen. Der Boden war im Herbst geschält und etwas später tief gepflügt. Im Frühjahr wurde er dann mit einem Untergrundwühler tief durchgelockert und danach geschleppt. Am 1. Mai wurden dann die Kartoffeln in einer Standweite von 50 × 50 cm ausgepflanzt. Die Düngung, die am 20. April erfolgte, betrug:

197 Pfund 50% Kali pro Morgen
132 „ schwefels. Ammoniak pro Morgen
26,4 „ Harnstoff „ „

Die erste Wurzelauswaschung wurde am 14. Juni vorgenommen. Schon bei dieser ersten jungen Pflanze sehen wir die stattliche Anzahl von 14 Hauptwurzeln, die teilweise schon eine Tiefe von 20—30 cm erreichten. Das Wurzelbild gestaltete sich folgendermaßen:

cm	Länge	Tiefgang	Seitenausbreitung
0—10	1 = 7,15%	6 = 42,9%	11 = 78,60%
10—20	9 = 64,25 „	8 = 57,1 „	3 = 21,4 „
20—30	4 = 28,60 „	—	—

Ein ähnliches Bild bot Pflanze Nr. 2:

cm	Länge	Tiefgang	Seitenausbreitung	14. VI.
0—10	3 = 25,00%	10 = 83,33%	11 = 91,66%	
10—20	8 = 66,64 „	1 = 8,33 „	1 = 8,33 „	
20—30	1 = 8,33 „	1 = 8,33 „	—	
Summa	12	12	12	

Schon bei der dritten Pflanze, die einen Tag später aus dem Boden genommen wurde, sehen wir eine weitere Entwicklung der Wurzeln. Bei ihr erreichten schon drei Wurzeln eine Länge von 30—40 cm, eine Wurzel einen Tiefgang von 37,0 cm. Auch die Seitenausbreitung nahm zu, sehen wir doch zwei Wurzeln in einer Seitenausbreitung von 30—40 cm.

cm	Länge	Tiefgang	Seitenausbreitung 15. VI.
0—10	—	4 = 22,20%	13 = 72,20%
10—20	10 = 55,50%	11 = 61,20 „	3 = 16,70 „
20—30	5 = 27,80 „	2 = 11,10 „	—
30—40	3 = 16,70 „	1 = 5,55 „	2 = 11,10 „
Summa	18	18	18

Die Entwicklung nimmt mit der vierten Pflanze ihren Fortgang. Bei dieser Pflanze waren schon 21 Hauptwurzeln vorhanden.[1])

Bei den Pflanzen Nr. 5—8, die in der Zeit vom 16. Juni bis 20. Juni aus dem Boden genommen wurden, erreichten die Wurzeln zum Teil schon eine Tiefe von 40—50 cm.

Pflanze Nr. 9 wurde am 22. Juni aus dem Boden genommen; bei ihr sehen wir schon zwei Wurzeln in einer Tiefe von 50 bis 60 cm.

Bei der Ausspülung der zehnten Pflanze am 23. Juni zeigte sich eine Wurzel in einer Tiefe von 60—70 cm.

Ein Gesamtbild der Wurzelentwicklung der ersten Gruppe (Nr. 1—10) der „Ebstorfer Up to date“ geben uns nachstehende Tabellen:

Wurzellänge

in einer Länge von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten
0—10	1	3	0	2	0	0	0	1	1	0	8	4,80
10—20	9	8	10	9	5	7	11	8	8	0	75	38,25
20—30	4	1	5	8	15	11	7	9	9	4	73	37,23
30—40	—	—	3	2	1	5	1	4	1	5	22	11,22
40—50	—	—	—	—	1	2	1	3	2	4	13	6,63
50—60	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	3	1,53
60—70	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	1,02
Summa	14	12	18	21	22	25	20	25	23	16	196	

[1]) Wegen des großen Umfanges konnten hier nicht alle Tabellen angeführt werden. Eine Abschrift sämtlicher Tabellen ist im „Institut für Pflanzenbau“ niedergelegt.

Wurzeltiefgang

in einer Tiefe von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten	
0—10	6	10	4	14	11	7	5	11	7	5	80	40,80	89,25
10—20	8	1	11	6	7	4	12	9	10	3	71	36,21	
20—30	—	1	2	0	3	11	2	1	2	2	24	12,24	
30—40	—	—	1	1	0	2	0	3	0	3	10	5,10	10,71
40—50	—	—	—	—	1	1	1	1	2	1	7	3,57	
50—60	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	3	1,53	
60—70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	0,51	
Summa	14	12	18	21	22	25	20	25	23	16	196		

Wurzelseitenausbreitung

in einer Ausbreitung von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten
0—10	11	11	13	8	4	15	6	8	12	6	94	47,95
10—20	3	1	3	11	15	8	13	14	9	2	79	40,30
20—30	—	—	—	1	3	1	1	2	2	7	17	8,67
30—40	—	—	2	1	—	—	—	1	—	—	4	2,04
40—50	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	0,51
50—60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	0,51
Summa	14	12	18	21	22	25	20	25	23	16	196	

An Hand dieser Tabellen vermögen wir sehr schön die immer weiter fortschreitende Entwicklung der Wurzeln festzustellen. Trotz der wenigen Tage, die zwischen der Ausspülung der einzelnen Pflanzen lagen, schritt die Wurzelentwicklung sehr stark vorwärts.

Die Wurzelgewinnung der 2. Gruppe der „Ebstorfer Up to date“ (Nr. 11—20) begann am 7. Juli, also genau 14 Tage später, und dauerte bis zum 20. Juli. Bei der 11. Pflanze sehen wir zwar noch keine größeren Wurzellängen wie bei der letzten Pflanze der 1. Gruppe. Dagegen ist die Wurzelzahl dieser Pflanze auf 26 gestiegen, die Gesamtwurzellänge stieg von 615,0 cm auf 781,0 cm = 27,0%.

Pflanze Nr. 12 zeigt bei einer Gesamtwurzellänge von 991,5 cm eine Wurzel in einer Tiefe von 73 cm; bei der Pflanze Nr. 13

erreichten schon 2 Wurzeln einen Tiefgang von 70—80 cm, gleichzeitig stieg die Gesamtwurzellänge auf 1125,0 cm.

Pflanzen Nr. 14 und 15 erreichten noch größere Tiefen und gleichzeitig auch eine größere Gesamtwurzellänge.

Tiefen von 90—100 cm erreichten die Wurzeln der Pflanzen Nr. 16—20, auffallenderweise aber fiel die Wurzelzahl und Gesamtwurzellänge von Nr. 20 erheblich. Die Gesamtzahl betrug bei ihr nur 20, die Gesamtwurzellänge nur 980,5 cm. Auch in der Seitenausbreitung der Wurzeln können wir eine Entwicklung feststellen. In der Gruppe 1 erreichten 96,92% aller Wurzeln eine Seitenausbreitung von 0,30 cm, 3,06% eine solche von 30—60 cm, während sich in der 2. Gruppe in einer Seitenausbreitung von 0,30 cm 81,74% bezw. 18,27% in einer Seitenausbreitung von 30—60 cm vorfanden.

Auch bei dem Gesamtwurzelbilde dieser Gruppe läßt sich die fortschreitende Entwicklung — besonders der zunehmende Wurzeltiefgang — feststellen.

Wurzeltiefgang.

in einer Tiefe von cm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Summa	in Prozenten	
0— 10	5	6	2	5	9	7	4	10	8	6	62	22,64	
10— 20	5	3	9	5	7	1	7	1	6	3	47	17,15	54,01
20— 30	10	5	11	6	2	2	2	0	1	0	39	14,22	
30— 40	2	6	2	4	6	2	2	1	3	3	31	11,30	
40— 50	1	3	4	4	0	3	4	2	3	1	25	9,14	27,02
50— 60	2	0	2	2	3	2	2	1	2	2	18	6,58	
60— 70	1	2	0	2	2	4	4	2	2	2	21	7,68	
70— 80	—	1	2	2	1	1	2	6	2	2	19	6,95	
80— 90	—	—	—	1	0	1	1	1	1	0	5	1,82	19,00
90—100	—	—	—	—	—	1	1	3	1	1	7	2,55	
Summa	26	26	32	31	30	24	29	27	29	20	274		

3. Gruppe (aus dem Boden genommen in der Zeit vom 27. Juli bis 6. August).

Die Wurzelentwicklung, die, wie wir gesehen haben, bei der 2. Gruppe, noch nicht abgeschlossen war, erfuhr auch in der 3. Gruppe noch ihren Fortgang. Wurzelzahl und Gesamtwurzel-

länge der Pflanze Nr. 21 wiesen eine erhebliche Steigerung auf gegenüber denen der letzten Pflanze der 2. Gruppe. Die Wurzeln der Pflanzen Nr. 22—24 hatten zum Teil einen Wurzeltiefgang bis zu 110 cm, Nr. 25 bis zu 120 cm. Der Tiefgang der Wurzeln der Pflanzen Nr. 26—28 betrug schon bis zu 130 cm, während die Pflanzen Nr. 29 und 30 zum Teil sogar einen Tiefgang bis zu 140 cm aufzuweisen vermochten.

Gleichzeitig stieg die Gesamtwurzellänge von 1620,0 cm bei Pflanze Nr. 21 bis auf 2210,0 cm bei Pflanze Nr. 30.

Interessant ist es, einmal zu beobachten, wie sich der Prozentsatz der Wurzeln in den verschiedenen Tiefen bei fortschreitender Entwicklung immer mehr nach unten verlegt.

Tiefgang	Gruppe		
	I.	II.	III.
cm	%	%	%
0— 30	89,25	54,07	40,15
30— 70	10·71	34,70	33,24
70—100	—	11,32	17,28
100—140	—	—	9,27

Ein ähnliches Bild sehen wir bei der Seitenausbreitung:

Seitenausbreitung	Gruppe		
	I.	II.	III.
cm	%	%	%
0—30	96,92	81,74	65,10
30—60	3,06	18,27	31,90
60—80	—	—	2,99

Am besten sehen wir die Wurzelentwicklung bei einer Zusammenstellung der Wurzeltiefen der drei Gruppen:

(Siehe nebenstehende Tabelle.)

Diese Tabelle lehrt uns, daß die Kartoffelwurzeln sehr große Tiefen erreichen können und stets bestrebt sind, bei fortschreitender Entwicklung ihrer oberirdischen Organe in noch größere Tiefen zu gelangen, um hier die Nährstoffe für die Pflanze heraufzuholen. Gleichzeitig ersehen wir auch, daß die Wurzelentwicklung dieser Pflanzen am 6. August noch nicht abgeschlossen ist und wahrscheinlich noch größere Tiefen erreicht wurden.

Es wäre eine interessante Aufgabe, unsere Untersuchungen einmal durch die ganze Vegetationsperiode fortzusetzen.

in einer Tiefe von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Summa
0— 10	6	10	4	14	11	7	5	11	7	5	5	6	2	5	9	7	4	10	8	6	5	7	5	2	4	7	7	4	2	6	191
10— 20	8	1	11	6	7	4	12	9	10	3	5	3	9	5	7	1	7	1	6	3	6	6	4	6	3	2	5	7	3	4	164
20— 30	—	1	2	0	3	11	2	1	2	2	10	5	11	6	2	2	2	0	1	0	0	1	1	2	5	3	0	3	3	8	89
30— 40	—	—	1	1	0	2	0	3	0	3	2	6	2	4	6	2	2	1	3	3	1	2	3	1	3	3	2	3	3	2	64
40— 50	—	—	—	—	1	1	1	1	2	1	1	3	4	4	0	3	4	2	3	1	2	0	2	2	2	6	1	2	2	2	52
50— 60	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	2	0	2	2	3	2	2	1	2	2	5	1	3	3	7	2	2	3	6	3	57
60— 70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	0	2	2	4	4	2	2	2	1	2	4	1	1	2	1	1	4	4	43
70— 80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	2	1	1	2	6	2	2	4	3	4	3	3	2	0	2	1	2	43
80— 90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0	1	1	1	1	0	3	4	1	3	3	2	1	1	1	2	26
90—100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	3	1	1	1	1	2	1	0	0	1	0	0	1	14
100—110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	2	1	1	1	2	3	0	14
110—120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	1	0	1	6
120—130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	2	1	0	6
130—140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2
																															771

Wir wenden uns jetzt der zweiten Sorte „Alte Juli“ zu, von der wir 10 Pflanzen einer Untersuchung unterworfen haben. Die Pflanzen mit ihren Wurzeln wurden in der Zeit vom 14.—31. August. auf dieselbe Art aus dem Boden genommen wie die der Gruppe 2 und 3 der „Ebstorfer Up to date“. Als Vorfrucht trug der Boden hier Gerste. Im Herbste wurde der Boden geschält, geeggt und Anfang November tief gepflügt. Vor und nach der Tiefenlockerung mit dem Untergrundwühler Ende März wurde der Boden geschleppt. Die Düngung erfolgte am 6. April und betrug je Morgen 125 Pfund 50prozent. Kali und 89 Pfund Harnstoff. An Kartoffelknollen wurden am 14. April je Hektar 172,5 dz ausgepflanzt.

Bei dieser Sorte lagen ähnliche Verhältnisse vor wie bei „Up to date“. Die durchschnittliche Wurzelzahl (36,2) war allerdings größer als bei der letzten Sorte, dagegen war der Wurzeltiefgang nicht so groß. Der größte festgestellte Tiefgang betrug 106,5 cm, die größte Seitenausbreitung 86,0 cm.

Auch hier sei wieder ein Gesamtbild des Wurzeltiefgangs gegeben:

in einer Tiefe von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten	
0— 10	4	3	8	5	6	5	3	3	10	7	54	14,90	
10— 20	8	9	9	5	9	9	8	11	12	15	95	26,22	54,92
20— 30	5	4	4	2	5	6	5	6	7	6	50	13,80	
30— 40	8	7	3	5	1	7	7	6	—	1	45	12,42	
40— 50	6	7	4	—	4	6	5	5	3	2	42	11,60	31,49
50— 60	5	4	1	1	4	3	3	4	—	2	27	7,47	
60— 70	2	1	2	4	1	—	3	3	2	3	21	5,82	
70— 80	1	2	3	1	1	2	1	3	2	1	17	4,71	11,64
80— 90	—	—	—	1	—	—	1	1	1	—	4	1,11	
90—100	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	3	0,83	1,94
100-110	—	—	—	2	1	—	—	1	—	—	4	1,11	
Summa	39	37	34	26	32	38	36	44	38	38	362		

Die Entwicklung war auch bei dieser Sorte noch nicht abgeschlossen. Die Zahlen zeigen uns deutlich noch einen erheblichen Fortschritt in der Wurzelentwicklung.

Vergleichen wir einmal die Zusammenstellung des Wurzeltiefganges dieser Sorte mit der letzten Gruppe der Up to date-

Pflanzen, so können wir sagen, daß hier gewissermaßen ein Ausgleich stattgefunden hat. Bei „Up to date“ sehen wir eine geringere Wurzelzahl und größeren Tiefgang, bei „Alte Juli“ größere Wurzelzahl und geringeren Wurzeltiefgang.

Noch deutlicher kommt dieser Ausgleich zum Ausdruck bei „Thieles weiße Riesen“. Auch von dieser Sorte haben wir 10 Pflanzen untersucht. Vorfrucht, Bearbeitung und Düngung des Bodens waren die gleichen wie bei „Alte Juli“.

Der Wurzeltiefgang der 10 untersuchten Pflanzen war folgender:

in einer Tiefe von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten	
0— 10	11	7	8	7	8	8	6	4	7	5	71	18,00	
10— 20	14	11	17	16	13	13	8	12	7	8	119	30,24	68,54
20— 30	5	7	9	9	5	7	13	5	9	11	80	20,30	
30— 40	6	7	4	4	4	5	7	4	2	4	47	11,91	
40— 50	2	4	4	4	3	4	2	2	4	2	31	7,87	23,84
50— 60	3	1	1	1	2	2	1	3	1	1	16	4,06	
60— 70	—	3	1	2	2	—	2	1	—	1	12	3,05	
70— 80	1	1	—	—	2	3	1	—	1	1	10	2,54	7,62
80— 90	—	1	1	—	2	—	—	—	1	—	5	1,27	
90—100	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	3	0,76	
Summa	42	42	45	44	42	42	40	31	33	33	394		

In der Zeit vom 7.—21. September wurden diese Pflanzen aus dem Boden genommen. Die Entwicklung der Wurzel war also abgeschlossen, was ja auch schon aus der Tabelle hervorgeht. Ein einheitliches Bild des Wurzeltiefgangs dieser Sorte bieten uns unsere Untersuchungen nicht. Der Tiefgang der Wurzeln variiert hier ziemlich erheblich. Bei Pflanze Nr. 8 erreichte eine Wurzel einen Höchsttiefgang von 61,5 cm; der größte Wurzeltiefgang bei Pflanze Nr. 9 war 98,0 cm.

Gegenüber „Alte Juli“ stieg bei „Thieles weiße Riesen“ die Gesamtwurzelzahl von 362 auf 394 = 9,20 %; dagegen erreichten die Wurzeln letzterer Sorte eine geringere Tiefe als „Alte Juli“.

Auch bei der Seitenausbreitung dieser Sorte fanden sich große Unterschiede vor.

Wurzelseitenausbreitung

in einer Ausbreitung von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten
0—10	6	6	7	3	10	6	5	2	5	4	54	13,68
10—20	8	9	10	9	10	9	10	11	9	9	94	23,82
20—30	12	10	13	17	10	14	8	11	8	10	113	28,75
30—40	13	9	6	7	8	5	5	3	4	3	63	15,98
40—50	3	5	4	4	3	5	6	2	3	3	38	9,65
50—60	—	2	3	1	—	1	1	1	2	2	13	3,30
60—70	—	1	2	1	—	1	2	1	1	2	11	2,79
70—80	—	—	—	2	1	—	1	—	1	—	5	1,27
80—90	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	3	0,76
Summa	42	42	45	44	42	42	40	31	33	33	394	

Seitenausbreitungsgrößen von 50 cm standen solche von 80—90 cm gegenüber!

Wie wir gesehen haben, war der Wurzeltiefgang von „Thieles weiße Riesen“ ein geringerer als der von „Alte Juli“; die prozentuale Zusammenstellung der Seitenausbreitung in den verschiedenen Größen gestaltete sich aber günstiger für „Thieles weiße Riesen“:

In einer Ausbreitung von cm	Thieles weiße Riesen %	Alte Juli %
0—20	37,50	47,50
20—40	44,73	40,90
40—60	12,95	8,31
60—90	4,82	3,33

Göttinger Industrie.

Aus dem Boden genommen wurden diese Pflanzen in der Zeit vom 24. September bis 22. Oktober. Die Düngung und Bodenbearbeitung war dieselbe wie bei „Ebstorfer Up to date“. Die Wurzelgewinnung dieser 10 Göttinger Industriepflanzen war sehr schwierig, denn die Wurzeln dieser Sorte besaßen einen ganz gewaltigen Tiefgang. Tiefen von 1,80—2 m waren keine Seltenheit. Schon bei der ersten Pflanze erreichten 5 Wurzeln eine Tiefe von 1,70—2 m. Das Wurzelbild der 2. Pflanze gestaltete sich folgendermaßen:

Wurzel cm	Länge	Tiefgang	Seitenausbreitung
0— 10	—	4 = 11,10%	6 = 16,68%
10— 20	1 = 2,78%	3 = 8,34 „	11 = 30,60 „
20— 30	1 = 2,78 „	2 = 5,56 „	9 = 25,00 „
30— 40	3 = 8,34 „	2 = 5,56 „	4 = 11,10 „
40— 50	2 = 5,56 „	3 = 8,34 „	1 = 2,78 „
50— 60	4 = 11,10 „	2 = 5,56 „	1 = 2,78 „
60— 70	2 = 5,56 „	3 = 8,34 „	2 = 5,56 „
70— 80	4 = 11,10 „	1 — 2,78 „	1 = 2,78 „
80— 90	3 = 8,34 „	1 = 2,78 „	1 = 2,78 „
90—100	1 = 2,78 „	1 = 2,78 „	—
100—110	1 = 2,78 „	2 = 5,56 „	—
110—120	—	2 = 5,56 „	—
120—130	3 — 8,34 „	2 = 5,56 „	—
130—140	2 = 5,56 „	2 = 5,56 „	—
140—150	2 = 5,56 „	1 = 2,78 „	—
150—160	1 = 2,78 „	2 = 5,56 „	—
160—170	2 = 5,56 „	1 = 2,78 „	—
170—180	1 = 2,78 „	—	—
180—190	2 = 5,56 „	1 = 2.78 „	—
190—200	—	1 = 2,78 „	—
200—210	1 = 2,78 „	—	—
Summa	36	36	36

Aus dieser Tabelle können wir ersehen, wie gleichmäßig die Pflanze die Wurzeln in den verschiedenen Tieflagen zu verteilen vermag.

Die Wurzelverhältnisse der ferner untersuchten Pflanzen waren ähnliche wie die der zweiten Pflanze. (Siehe Tab. S. 20 oben.)

Auch in der Seitenausbreitung erreichten die Wurzeln gewaltige Dimensionen. Wir sehen hier Wurzeln mit einer Seitenausbreitung bis zu 120 cm! (Siehe Tab. S. 20 unten.)

Fassen wir einmal die Resultate zusammen, so können wir sagen, daß die Wurzeln der Kartoffeln sehr tief in den Boden einzudringen vermögen, daß aber auch gleichzeitig die Ausbreitung zur Seite ebenfalls noch sehr groß sein kann. Es braucht also der eine Faktor „Tiefgang“ nicht zu leiden unter dem Faktor „Seitenausbreitung“. Bei vielen Wurzeln haben wir feststellen können, daß sowohl die Ausbreitung zur Seite als auch die von derselben Wurzel erreichte Tiefe nicht unerheblich war.

Wurzeltiefgang

in einer Tiefe von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten	
0— 10	8	4	7	9	5	6	7	6	5	4	61	15,74	
10— 20	3	3	3	4	2	6	6	4	4	4	37	9,55	33,29
20— 30	2	2	4	4	3	3	3	3	4	3	31	8,00	
30— 40	4	2	2	3	3	2	5	3	2	4	30	7,74	
40— 50	4	3	3	1	2	4	1	1	4	4	27	6,96	20,12
50— 60	2	2	2	2	3	—	3	3	2	2	21	5,42	
60— 70	1	3	2	2	2	1	3	3	3	2	22	5,68	
70— 80	1	1	2	2	2	4	2	3	3	4	24	6,19	16,41
80— 90	1	1	2	2	2	1	2	2	2	3	18	4,54	
90—100	2	1	2	2	2	1	—	2	3	—	15	3,87	
100—110	—	2	—	2	2	2	3	1	1	2	15	3,87	11,61
110—120	—	2	—	3	1	2	3	1	1	2	15	3,87	
120—130	1	2	1	2	2	1	3	1	3	1	17	4,38	
130—140	1	2	1	1	1	1	1	—	1	3	12	3,10	9,03
140—150	—	1	—	1	—	1	—	1	—	2	6	1,55	
150—160	2	2	1	—	1	—	1	—	—	1	8	2,06	
160—170	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	11	2,84	6,70
170—180	2	—	—	1	1	—	1	—	1	—	7	1,80	
180—190	2	1	1	—	—	1	—	1	—	1	7	1,80	
190—200	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	3	0,77	2,83
200—210	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	0,26	
Summa	38	36	32	43	36	38	45	36	40	44	388		

Wurzelseitenausbreitung

in einer Ausbreitung von cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Summa	in Prozenten
0— 10	6	6	5	12	9	9	8	6	9	7	77	19,84
10— 20	13	11	11	8	9	11	10	5	11	13	102	26,31
20— 30	7	9	5	5	5	4	7	6	7	10	65	16,75
30— 40	6	4	3	10	3	5	6	7	4	3	51	13,12
40— 50	2	1	3	3	3	1	7	3	5	5	33	8,51
50— 60	2	1	2	3	1	2	3	4	2	4	24	6,19
60— 70	2	2	3	—	2	—	2	—	1	—	14	3,62
70— 80	—	1	—	—	2	2	—	1	1	1	8	2,06
80— 90	—	1	—	2	1	1	2	1	—	—	8	2,06
90—100	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	0,26
100—110	—	—	—	—	1	1	—	1	—	—	3	0,77
110—120	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	2	0,52
Summa	38	36	32	43	36	38	45	36	40	44	388	

Mit fortschreitender Entwicklung des Wurzelsystems können wir auch eine relativ gleichmäßige Gewichtszunahme der Wurzeln feststellen. Als Maßstab hierbei dient am besten die Gesamtwurzellänge jeder einzelnen Pflanze. An Hand folgender Tabellen können wir diese Entwicklung übersehen:

„Up to date".

Pflanze Nr.	Gesamtwurzellänge in cm	Gewicht der Haupt-Wurzeln	Gewicht der Neben-Wurzeln	Gesamtwurzelgewicht
1.	233,0	12,64	4,08	16,72
2.	153,5	9,86	3,02	12,88
3.	395,5	14,23	4,84	19,07
4.	442,0	14,88	4,89	19,77
5.	538.5	15,36	5,03	20,39
6.	671,5	17,75	5,92	23,67
7.	440,0	14,55	4,71	19,26
8.	618,0	17,22	5,62	22,84
9.	580,0	15,68	4,61	20,29
10.	615,0	15,98	4,67	20,65
Summa	4686,5	148,15	47,39	195,54
11.	781,0	18,20	6,12	24,32
12.	991,5	19,31	5,91	25,22
13.	1125,0	19,86	6,30	16,16
14.	1364,5	21,46	6,81	28,27
15.	1231,5	20,82	6,63	27,45
16.	1216,0	20,64	6,51	27,15
17.	1493,0	22,38	6,93	29,31
18.	1624,0	24,42	7,42	31,84
19.	1458,0	22,06	6,60	28,66
20.	980,5	19,29	5,69	24,98
Summa	12265,0	208,44	64,92	273,36
21.	1620,0	24,86	6,88	31,74
22.	1800,0	25,91	7,20	33,11
23.	2130,5	27,51	10,42	37,93
24.	1695,0	24,18	6,74	30,92
25.	1909,5	25,06	7,11	32,7
26.	1907,0	25,98	7,84	33,82
27.	1721,0	24,54	7,62	32,16
28.	1981,0	25,65	9,14	34,79
29.	2099,5	26,02	9,77	35,79
30.	2210,0	27,74	10,81	38,55
Summa	19073,5	257,45	83,53	340,98

Die Zahlen zeigen uns bei zunehmender Wurzellänge eine Zunahme des Wurzelgewichtes sowohl der Haupt- als auch der Nebenwurzeln. Es verhalten sich die Gesamtwurzellängen in den einzelnen Gruppen:

Gesamtwurzellänge . . 4686,5 : 12265,0 : 19073,5 = 100 : 261 : 408
Gesamtwurzelgewicht . 196,54 : 273,36 : 340,98 = 100 : 149 : 173

Dieselben Vergleiche können wir auch an den drei anderen Sorten anstellen. Hier erhalten wir folgende Zahlen:

„Alte Juli."

Pflanze Nr.	Gesamtwurzellänge in cm	Gewicht in g Haupt-Wurzeln	Gewicht in g Neben-Wurzeln	Gesamtwurzelgewicht
1.	1750,0	25,17	9,74	34,91
2.	1723,5	25,08	9,41	34,49
3.	1450,5	22,32	7,89	30,21
4.	1365,0	22,04	7,63	29,67
5.	1522,0	23,16	8,42	31,58
6.	2046,3	27,74	10,04	36,78
7.	1889,5	25,18	7,46	32,64
8.	1499,5	23,01	6,81	29,82
9.	1783,5	25,55	8,02	33,57
10.	1758,0	25,79	8,16	33,95
Summa	16788,0	245,04	83,58	327,62
	„Thieles weiße Riesen".			
1.	1722,0	24,93	7,91	32,84
2.	1996,5	26,04	10,05	36,09
3.	1986,0	25,92	9,82	35,74
4.	2025,0	26,54	10,37	36,91
5.	1949,5	25,72	9,66	35,38
6.	1958,0	25,89	9,91	35,80
7.	2043,5	27,12	10,88	38,00
8.	1391,0	22,07	6,98	29,05
9.	1563,0	23,22	7,23	30,45
10.	1579,0	23,67	7,52	31,19
Summa	18213,5	251,12	90,33	341,45
	„Göttinger Industrie".			
1.	3140,0	34,09	12,44	46,53
2.	3636,0	39,95	14,71	54,66
3.	2373,0	28,42	10,87	39,29
4.	3549,0	39,23	14,21	53,44
5.	3326,0	37,82	13,93	51,75
6.	3265,0	36,62	13,72	50,34
7.	3717,0	40,08	15,40	55,48
8.	2983,0	33,61	11,37	45,98
9.	3203,0	36,18	13,14	49,32
10.	4069,0	43,76	17,20	60,96
Summa	33261,0	369,76	136,99	507,75

Gesamtwurzellänge . .	16788,0	: 18213,5	: 33261,0	= 100 : 108,2 : 198
Gesamtwurzelgewicht .	327,62 :	341,45 :	507,75	= 100 : 104,1 : 155

Desgleichen haben wir auch die Trockengewichte der Wurzeln jeder Gruppe und Sorte zusammengestellt. Die Wurzeln wurden an der Luft getrocknet. Vor dem Wägen wurden sie dann 1 Stunde lang im Trockenofen nachgetrocknet, um auch die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit auszuschalten.

Wir erhielten hier folgende Zahlen für die Gesamtwurzel-Trockengewichte jeder einzelnen Pflanze:

„Up to date".

Gruppe 1.

Pflanze Nr.	Frisch- Gewicht	Trocken- Gewicht	Verlust an H_2O
1.	16,72	1,080	15,640
2.	12,88	0,830	12,050
3.	19,07	1,280	17,790
4.	19,77	1,285	18,485
5.	20,39	1,325	19,065
6.	23,67	1,558	22,112
7.	19,26	1,266	17,994
8.	23,84	1,571	22,269
9.	20,29	1,345	18,945
10.	20,65	1,379	19,271
Summa	196,54	12,919	183,621

Durchschnittlicher Gehalt an $H_2O = 93{,}41\,\%$.

Gruppe 2.

Pflanze Nr.	Frisch- Gewicht	Trocken- Gewicht	Verlust an H_2O
11.	24,32	2,021	22,299
12.	25,22	2,102	23,118
13.	26,16	2,200	23,960
14.	28,27	2,412	25,858
15.	27,45	2,345	25,105
16.	27,15	2,324	24,826
17.	29,31	2,592	26,718
18.	31,84	2,869	28,971
19.	28,66	2,607	26,053
20.	24,98	2,312	22,668
Summa	273,36	23,784	249,576

Durchschnittlicher Gehalt an $H_2O = 91{,}52\,\%$.

Gruppe 3.

Pflanze Nr.	Frisch- Gewicht	Trocken-	Verlust an H_2O
21.	31,74	3,021	28,719
22.	33,11	3,281	29,829
23.	37,93	3,642	34,288
24.	30,92	3,037	27,883
25.	32,17	3,216	28,954
26.	33,82	3,472	30,348
27.	32,16	3,318	28,842
28.	34,79	3,881	31,209
29.	35,79	3,685	32,105
30.	38.55	3,979	34,571
Summa	340,98	34,232	306,748

Durchschnittlicher Gehalt an $H_2O = 90{,}10\,\%$.

„Alte Juli".

Pflanze Nr.	Frisch- Gewicht	Trocken-	Verlust an H_2O
1.	34,91	3,641	31,269
2.	34,49	3,592	30,898
3.	30,21	3,242	26,968
4.	29,67	3,159	26,511
5.	31,58	3,360	28,220
6.	36,58	3,957	32,823
7.	32,64	3,551	29,089
8.	29,84	3,242	26,598
9.	33,57	3,684	29,886
10.	33,95	3,775	30,175
Summa	327,64	35,203	292,437

Durchschnittlicher Gehalt an $H_2O = 89{,}50\,\%$.

„Thieles weiße Riesen".

Pflanze Nr.	Frisch- Gewicht	Trocken-	Verlust an H_2O
1.	32,84	3,618	29,222
2.	36,09	4,020	32,070
3.	35,74	3,915	31,825
4.	36,91	4,095	32,815
5.	35,38	3,828	31,552
6.	35,80	4,000	31,800
7.	38,00	4,210	33,790
8.	29,05	3,295	25,755
9.	30,45	3,401	27,049
10.	31,19	3,484	27,706
Summa	341,45	37,866	303,584

Durchschnittlicher Gehalt an $H_2O = 88{,}00\,\%$.

„Göttinger Industrie".

Pflanze Nr.	Frisch-Gewicht	Trocken-Gewicht	Verlust an H_2O
1.	46,53	5,175	41,355
2.	54,66	6,092	48,568
3.	39,29	4,275	35,015
4.	53,44	5,998	47,442
5.	51,75	5,881	45,869
6.	50,34	5,715	44,625
7.	55,48	6,310	49,170
8.	45,98	5,288	40,692
9.	49,32	5,660	43,660
10.	60,96	7,080	53,880
Summa	507,75	57,447	450,276

Durchschnittlicher Gehalt an $H_2O = 88{,}72\,\%$.

Der Wassergehalt der Wurzeln ist also in der Jugend am größten, er sinkt langsam mit zunehmendem Alter der Wurzeln.

Hier sei auch ein Vergleich angebracht zwischen den Gewichten der Knollen, der oberirdischen Teile und der Wurzeln:

„Up to date".

Gruppe 1.

Pflanze Nr.	Frischgewicht in Gramm der Knollen	oberirdischen Teile	Wurzeln
1.	—	29,50	16,72
2.	—	23,54	12,88
3.	—	39,82	19,07
4.	—	56,60	19,77
5.	—	48,83	20,39
6.	—	39,52	23,67
7.	—	88,58	19,26
8.	—	41,00	23,84
9.	18,92	86,75	20,29
10.	1,00	144,63	20,65
Summa	19,92	598,77	196,54
R.	100 :	3004 :	988
σ	—	34,79	2,71
v	—	58,20	7,95

Gruppe 2.

Pflanze Nr.	Frischgewicht in Gramm der Knollen	oberirdischen Teile	Wurzeln
11.	6,00	276,25	24,32
12.	9,30	132,64	25,22
13.	56,10	404,00	26,16
14.	20,35	302,50	28,27
15.	47,25	290,50	27,45
16.	8,07	167,50	27,15
17.	86,60	430,50	29,31
18.	83,03	402,00	31,84
19.	37,72	313,50	28,66
20.	52,92	201,50	24,98
Summa	404,34	2920,89	273,36
R.	100 :	716 :	67,1
σ	28,02	78,55	2,11
v	68,80	26,90	7,75

Gruppe 3.

21.	106,85	380,12	31,74
22.	81,95	493,20	33,11
23.	291,00	773,50	37,93
24.	153,50	443,51	30,92
25.	189,00	426,26	32,17
26.	401,50	817,44	33,82
27.	150,50	380,25	32,16
28.	288,50	595,60	34,79
29.	286,00	665,50	35,79
30.	318,00	530,00	38,55
Summa	2266,80	5505,38	340,98
R.	100 :	241,4 :	15
σ	88,60	144,20	2,58
v	39,20	26,21	7,56

Diese Zahlen lehren uns, daß bei fortschreitender Entwicklung des Wurzelsystems von einer gleichzeitig relativen Entwicklung der oberirdischen Organe und der Knollen nicht die Rede sein kann. Zwar stieg, bezw. fiel bei den ersten 4 Pflanzen bei einer Gewichtszunahme — bezw. Abnahme der Wurzel gleichzeitig auch das Gewicht der oberirdischen Organe. Bei Pflanze Nr. 5 sehen wir aber schon die ungleichmäßige Entwicklung. Im Vergleich mit Pflanze Nr. 4 stieg das Wurzelgewicht um 1,6 %, das Gewicht der oberirdischen Teile war dagegen 7,2 % geringer. Pflanze

Nr. 6 zeigte gegenüber Pflanze Nr. 4 bei einer Zunahme des Wurzelgewichtes um 9,0% eine Abnahme des Gewichtes der oberirdischen Organe um 17,08 g = 17,8%.

Pflanze Nr. 7 besaß ein — wenn auch nur wenig — geringeres Wurzelgewicht wie Pflanze Nr. 4, das Gewicht der oberirdischen Organe stieg dagegen von 56,60 g auf 88,58 g = 22,0%.

Bei Pflanze Nr. 8 lagen ungefähr gleiche Verhältnisse vor wie bei Pflanze Nr. 6.

Pflanzen Nr. 9 und 10 besaßen ungefähr gleiche Wurzelgewichte. Hier fanden sich die ersten Knollen vor. Pflanze Nr. 9 zeigte eine für ihre Jugend kräftige Knollenentwicklung, das Gewicht der oberirdischen Organe war dementsprechend nicht nachgefolgt. Pflanze Nr. 10 dagegen besaß ein geringes Knollengewicht, dagegen eine sehr starke Entwicklung der grünen Triebe.

Aus diesen letzten Zahlen (Pflanzen Nr. 9 und 10) sowie auch aus den Gewichtsverhältnissen der Pflanzen Nr. 11 und 12 ließe sich der Schluß ziehen, daß unabhängig von der Wurzelentwicklung die Entwicklung der Knollen auf Kosten der oberirdischen Organe, sowie auch umgekehrt, die Entwicklung der oberirdischen Organe auf Kosten der Knollenbildung geschehen. Daß dem aber nicht so ist, beweisen uns Pflanzen Nr. 16, 17, 18. Pflanze Nr. 16 zeigte eine schwache Knollenbildung und gleichzeitig auch eine geringe Entwicklung der oberirdischen Triebe, Pflanze Nr. 17 und 18 eine kräftige Entwicklung der oberirdischen Organe sowie auch der Knollen.

Die Unterschiede sind wahrscheinlich bedingt durch einen verschiedenen Gesundheitszustand der Pflanzen. Gesunde Stauden lieferten starkes Kraut und viel Knollen, schwächliche Stauden dagegen wenig Knollen. Auch die Konstitutionsschwäche wird hierbei eine Rolle spielen. Als Hauptergebnis können wir sagen, daß die Wurzelentwicklung ziemlich gleichmäßig ist, schwache Pflanzen besaßen ebensoviel Wurzelmasse wie starke kräftige Pflanzen. Schwache Entwicklung ist also nicht durch ein schwaches Wurzelsystem bedingt.

Ähnliche Gewichtsverhältnisse lagen vor bei den Pflanzen Nr. 21, 23, 24, 25 und 26. Aber auch hier muß wieder betont werden, daß relativ der Wurzelentwicklung die Entwicklung der oberirdischen Organe und der Knollen nicht stieg. Im allgemeinen sehen wir zwar bei einem Steigen des Gewichtes der Wurzeln

auch eine Zunahme des Gewichtes der Knollen und der oberirdischen Organe; doch stehen dem auch widersprechende Angaben gegenüber.

Stellen wir diese Untersuchungen mit den Trockengewichten an, so erhalten wir folgende Zahlen:

„Up to date".

Gruppe 1.

Pflanze Nr.	Trockengewicht in Gramm der Knollen	oberirdischen Teile	Wurzeln
1.	—	2,63	1,080
2.	—	1,19	0,830
3.	—	4,13	1,280
4.	—	5,12	1,285
5.	—	4,78	1,325
6.	—	4,29	1,558
7.	—	9,83	1,266
8.	—	4,10	1,571
9.	2,30	11,59	1,345
10.	0,20	17,55	1,379
Summa	2,50	65,21	12,919
R.	100 :	2615 :	518
σ	—	3,76	0,200
v	—	57,50	15,48

Gruppe 2.

Pflanze Nr.	Trockengewicht in Gramm der Knollen	oberirdischen Teile	Wurzeln
11.	1,05	33,34	2,021
12.	1,80	6,15	2,102
13.	9,10	46,41	2,200
14.	3,40	26,97	2,412
15.	7,05	21,06	2,345
16.	1,02	17,96	2,324
17.	15,25	45,61	2,592
18.	14,65	83,03	2,869
19.	6,42	21,03	2,607
20.	8,77	33,05	2,312
Summa	68,51	334,61	23,784
R.	100 :	489 :	34,41
σ	4,9	20,35	0,243
v	71,5	60,8	10,25

Gruppe 3.

Pflanze Nr.	Trockengewicht in Gramm der Knollen	oberirdischen Teile	Wurzeln
21.	13,80	45,10	3,021
22.	12,95	52,61	3,281
23.	54,43	79,50	3,642
24.	31,05	51,25	3,037
25.	44,92	48,61	3,216
26.	98,01	93,02	3,472
27.	27,50	49,82	3,318
28.	57,56	89,22	3,581
29.	53,02	85,37	3,685
30.	62,54	60,05	3,979
Summa	455,78	654,55	34,232
R.	100 :	143,8 :	7,53
σ	24,30	19,44	0,286
v	53,30	29,80	8,38

Auch diese Zahlen zeigen die großen Verschiedenheiten, die zwischen den Gewichten der Wurzeln, der Knollen und der oberirdischen Organe liegen; hier treten die Unterschiede zum Teil noch schärfer hervor.

Da bei den 3 anderen Sorten ein Teil der Blätter schon vertrocknet war, seien für diese Sorten nur die Trockengewichte gebracht. Es ergaben sich hier folgende Zahlen:

„Alte Juli".

Pflanze Nr.	Trockengewicht in Gramm der Knollen	oberirdischen Teile	Wurzeln
1.	68,77	18,51	3,641
2.	105,22	18,66	3,592
3.	243,50	59,50	3,242
4.	69,51	45,77	3,159
5.	179,50	35,85	3,360
6.	128,00	22,10	3,957
7.	215,00	18,52	3,551
8.	197,00	22,20	3,242
9.	186,52	30.60	3,694
10.	132,50	31,30	3,775
Summa	1525,52	303,01	35,203
R.	100 :	19,85 :	2,31
σ	56,20	12,54	0,254
v	37,00	41,48	7,20

„Thieles weiße Riesen".

Pflanze Nr.	Trockengewicht in Gramm der Knollen	oberirdischen Teile	Wurzeln
1.	218,00	52,71	3,618
2.	263,00	73,50	4,020
3.	176,00	41,23	3,915
4.	159,77	41,30	4,095
5.	234,00	41,55	3,828
6.	291,00	64,50	4,000
7.	295,12	73,21	4,210
8.	197,10	59,94	3,295
9.	202,00	45,00	3,401
10.	153,45	62,21	3,484
Summa	2189,44	555,15	37,866
R.	100 :	25,37 :	1,75
σ	48,18	12,42	0,299
d	21,05	22,45	7,90

„Göttinger Industrie".

1.	149,55	57,04	5,175
2.	210,00	73,05	6,092
3.	132,10	64,52	4,275
4.	187,52	64,85	5,998
5.	227,58	55,07	5,881
6.	205,54	58,42	5,715
7.	197,00	61,25	6,310
8.	184,06	56,33	5,288
9.	139,00	56,21	5,660
10.	199,50	53,72	7,080
Summa	1831,85	600,46	57,474
R.	100 :	32,78 :	3,14
σ	33,86	5,59	0,710
v	18,43	9,25	12,35

Es läßt sich auch aus diesen Zahlen eine Beziehung zwischen der Entwicklung der Wurzeln, der oberirdischen Organe und der Knollen nicht feststellen.

Bei „Alte Juli" sehen wir bei den Pflanzen Nr. 1 und 2 ungefähr gleiche Gewichte der Wurzeln als auch der oberirdischen Organe, dagegen ein Knollenübergewicht bei Pflanze Nr. 2 um 21,0%. Vergleichen wir einmal Pflanze Nr. 7 mit Nr. 6. Pflanze Nr. 7 besaß gegenüber Nr. 6 ein geringeres Gewicht an Wurzeln und an oberirdischen Organen, dagegen ein bedeutend höheres Knollengewicht.

Auch für „Thieles weiße Riesen“ und „Göttinger Industrie“ läßt sich diese Eigentümlichkeit der Pflanzen konstatieren.

Pflanze Nr. 4 von „Thieles weiße Riesen“ zeigte gegenüber Pflanze Nr. 2 bei ungefähr gleichem Wurzelgewichte (bei Pflanze Nr. 4 war dieses sogar noch etwas größer) ein erhebliches Minus an den Gewichten der Knollen und der oberirdischen Teile.

Ähnliche Verhältnisse lagen vor bei den „Göttinger Industrie“-pflanzen Nr. 10 und Nr. 2. Pflanze Nr. 10 besaß in dieser Gruppe das höchste Wurzelgewicht, doch war auch hier die Entwicklung der Knollen und der oberirdischen Organe nicht nachgefolgt. Pflanze Nr. 2, 5 und 6 zeigen trotz des geringeren Wurzelgewichtes ein höheres Gewicht an Knollen und oberirdischen Teilen.

Die Standardabweichung und auch der Variabilitätskoeffizient gestaltete sich für die Wurzel am günstigsten.

Zum Schluß unserer Ausführungen sei noch ein Vergleich gebracht zwischen den Freilandpflanzen und den Topfpflanzen.

Am 5. Juni wurden je 6 „Original Ebstorfer Up to date 1922“ und „Thieles weiße Riesen“ in Töpfen von einer Größe von 1,50 m und einem Durchmesser von 0,30 m ausgepflanzt. Am 13. Juni erhielt jeder Topf eine Düngung von 15 g schwefelsaurem Ammoniak, aufgelöst in 50 ccm H_2O. Der ziemlich gleichmäßige Aufgang der Pflanzen war in der Zeit vom 29. Juni bis 1. Juli; die ersten Blüten zeigten sich am 12. August. In der Zeit vom 9.—16. Oktober fand die Ausspülung statt, die folgende Resultate erbrachte:

„Original Ebstorfer Up to date 22“.

Wurzellänge cm	Pflanze Nr. 1	2	3	4	5	6	Summa	in Prozenten
0— 10	—	—	—	—	—	—	—	—
10— 20	4	4	3	2	3	2	18	9,75
20— 30	6	3	4	4	6	4	27	14,60
30— 40	1	1	2	3	5	3	15	8,12
40— 50	3	5	4	5	5	4	26	14,04
50— 60	2	5	4	5	3	2	21	11,35
60— 70	5	5	3	7	4	4	**28**	**15,12**
70— 80	4	3	4	3	2	1	17	9,20
80— 90	3	3	1	5	4	3	19	10,26
90—100	1	1	2	1	1	2	8	4,33
100—110	1	—	—	2	1	2	6	3,24
Summa	30	30	27	37	34	27	185	

Thieles weiße Riesen".

Wurzellänge cm	Pflanze Nr. 1	2	3	4	5	6	Summa	in Prozenten
0— 10	—	—	—	—	—	—	—	—
10— 20	4	1	3	1	1	7	17	8,00
20— 30	3	3	3	6	4	4	23	10,80
30— 40	7	3	5	5	5	—	25	11,73
40— 50	5	5	4	5	4	4	27	12,69
50— 60	2	—	3	4	5	4	18	8,47
60— 70	2	5	7	8	2	7	**31**	**14,54**
70— 80	6	3	1	2	5	3	20	9,41
80— 90	1	4	2	3	5	4	19	8,95
90—100	2	3	2	—	2	—	9	4,23
100—110	—	1	3	1	1	1	7	3,29
110—120	1	1	1	3	3	1	10	4,70
120—130	1	2	1	3	—	—	7	3,29
Summa	34	31	35	41	37	35	213	

Während bei den Topfpflanzen der größte Prozentsatz der Wurzeln sich in einer Länge von 60—70 cm vorfand, zeigten die Freilandpflanzen die größte Anzahl der Wurzeln in einer Länge von 40—50 cm bei „Ebstorfer Up to date" bezw. 30—40 cm bei „Thieles weiße Riesen".

Interessant ist, daß sowohl die Topfpflanzen als auch die Pflanzen im freien Felde durchschnittlich ungefähr die gleiche Anzahl Wurzeln besaßen.

Durchschnittliche Wurzelzahl	im Felde	in Töpfen
„Up to date"	30,10	30,08
„Thieles weiße Riesen" . .	39,40	35,50

Ungleiche Ergebnisse erhielten wir beim Vergleich der durchschnittlichen Gesamtwurzellänge der Pflanzen aus dem Freilande mit der der Topfpflanzen:

Durchschnittliche Wurzellänge in cm	im Felde	in Töpfen
„Up to date"	1852,4	1665,0
„Thieles weiße Riesen" . .	1821,3	2078,0

Bei der „Ebstorfer Up to date" war also die durchschnittliche Gesamtwurzellänge in Töpfen um 11,11 % kürzer als die der Freilandpflanzen; dagegen sehen wir bei „Thieles weiße Riesen" bei den Topfpflanzen eine Steigerung um 11,41 %!

Welchen Einfluß üben die Wurmlöcher auf die Entwicklung des Wurzelsystemes aus?

Nach den Untersuchungen von Thiel, Jensen, Schultz-Lupitz u. a. wird der Tiefgang der Wurzel und damit ihre Wasserversorgung in hohem Maße durch das Vorhandensein von alten Wurzelröhren und Wurmlöchern beeinflußt.

Auch v. Seelhorst[1]) stellte Untersuchungen an über den Einfluß der Wurmlöcher auf die Zahl und den Tiefgang der Wurzeln und gelangte zu dem Resultate, „daß auf dem Boden des Versuchsfeldes ein Einfluß der Wurmlöcher auf den Tiefgang der Wurzeln nicht konstatiert werden konnte. Die Pflanzen hatten in dem guten Boden die Hilfe der Wurmlöcher nicht nötig."

Zu denselben Resultaten gelangte Kraus[2]). Er fand, daß ohne das Vorhandensein von Wurmlöchern die feinen Wurzeln von Gerste und Lein in einem festgestampften Untergrund allerdings fruchtbarer Erde einzudringen vermochten.

Jensen[3]) vermochte festzustellen, daß die Wurzeln nur beim Vorhandensein von Wurmlöchern in einem festen, gelben Untergrund hineingedrungen waren. „Die Wurzeln haben in älteren Regenwurmröhren, deren Wände mit Exkrementen besetzt sind, eine vortreffliche Lage, denn die Exkremente haben dieselbe Zusammensetzung und Löslichkeit wie eine etwa 2—3 Jahre alte Blättererde."

Der günstige Einfluß der Wurmlöcher auf den Wurzeltiefgang ließ sich auch durch unsere Untersuchungen feststellen; überall dort, wo Wurmlöcher vorhanden waren, erreichten die Wurzeln bedeutend größere Tiefen. Bei der Gewinnung der Wurzeln wurde jede Wurzel, die Wurmlöchern gefolgt war, besonders notiert.

Bei der dritten Gruppe „der Ebstorfer Up to date" sahen wir, daß bei jeder Pflanze durchschnittlich 12,5 Wurzeln Wurmlöchern nachgegangen waren:

---

[1]) v. Seelhorst, Journal f. Landwirtschaft 1902, S. 98.

[2]) Kraus, Die Bewurzelung der Kulturpflanzen in physiologischer und kultureller Beziehung. II. Mitteilungen in Wollny, Forschungen 1894, S. 87 ff.

[3]) Jensen, V., Über die Fruchtbarkeit des Erdbodens in ihrer Abhängigkeit von den Leistungen der in der Erde wohnenden Würmer. Landw. Jahrb. 1882, S. 661 ff.

Wurzeltiefgang: W. = Wurmlöchern nachgewachsen; B. = im festen Boden gewachsen.

In einer Tiefe von cm	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.
0— 10	—	5	—	7	—	5	—	2	—	4	—	7	—	7	—	4	—	2	—	6
10— 20	—	6	—	6	—	4	—	6	—	3	—	2	—	5	—	7	—	3	—	4
20— 30	—	—	—	1	—	1	—	2	1	4	—	3	—	—	—	3	—	3	1	7
30— 40	—	1	—	2	—	3	—	1	1	2	—	3	—	2	1	2	1	2	1	1
40— 50	—	2	—	—	1	1	1	1	—	2	3	3	1	1	1	1	2	—	1	1
50— 60	1	4	—	1	2	1	1	2	3	4	2	—	2	—	2	1	3	3	2	1
60— 70	1	—	1	1	2	2	1	—	1	—	1	1	—	1	1	—	3	1	3	1
70— 80	4	—	3	—	2	2	3	—	3	—	2	—	—	—	2	—	1	—	2	—
80— 90	3	—	4	—	—	1	3	—	3	—	2	—	1	—	1	—	1	—	2	—
90—100	1	—	1	—	2	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
100—110	—	—	1	—	3	—	2	—	1	—	1	—	1	—	2	—	3	—	—	—
110—120	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	2	—	3	—	—	—	1	—
120—130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	2	—	1	—	—	—
120—140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—
	10	18	10	18	12	20	12	14	14	19	13	19	10	15	13	18	16	14	15	21
	28		28		32		26		33		32		25		31		30		36	

Der gute Einfluß der Wurmlöcher auf den Tiefgang der Wurzeln ist in dieser Tabelle zahlenmäßig festgelegt. Fast sämtliche Wurzeln, die über 60 cm tief liegen, sind Wurmlöchern nachgewachsen.

Vergleichen wir einmal diese Pflanzen mit den Topfpflanzen derselben Sorte, so müssen wir den festgestellten bedeutend größeren Wurzeltiefgang unbedingt den Wurmlöchern zugute schreiben. Besonders darf hierbei nicht außer acht gelassen werden, daß die Wurzelentwicklung der Pflanzen im freien Felde noch nicht abgeschlossen, die der Topfpflanzen bereits beendet war.

Auch die „Göttinger Industriepflanzen" verdanken die kräftige Entwicklung ihrer Wurzeln zum größten Teile den zahlreichen Wurmlöchern, die der tiefen Ausdehnung der Wurzeln keinen Widerstand entgegensetzen. Tiefen von 1,80 bis über 2,00 m wären ohne Wurmlöcher von den Wurzeln nicht erreicht worden!

Wurzeltiefgang: W. = Wurmlöchern nachgewachsen; B. = im festen Boden gewachsen.

In einer Tiefe von	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
cm	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.	W.	B.
0— 10	—	8	—	4	—	7	—	9	—	6	—	6	—	7	—	6	—	5	—	4
10— 20	—	3	—	3	—	1	—	4	—	2	—	6	—	6	—	4	—	4	—	4
20— 30	—	2	—	2	—	4	1	3	1	2	—	3	—	3	—	3	—	4	—	3
30— 40	—	4	1	1	—	2	—	3	—	3	—	2	—	5	—	3	—	2	—	4
40— 50	2	2	1	2	1	2	—	1	—	2	2	2	—	1	1	—	—	4	1	3
50— 60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	—	—	—	3	1	2	—	2	—	2
60— 70	—	1	—	3	—	2	—	2	1	1	—	1	1	2	2	1	1	2	—	2
70— 80	1	—	—	1	2	—	1	1	1	1	—	4	2	—	3	—	1	2	3	1
80— 90	1	—	1	—	2	—	1	1	1	1	1	—	—	2	1	1	2	—	2	1
90—100	2	—	1	—	2	—	2	—	1	1	1	—	—	—	2	—	3	—	—	—
100—110	—	—	2	—	—	—	2	—	2	—	2	—	2	—	1	—	1	—	2	—
110—120	—	—	2	—	—	—	3	—	1	—	2	—	3	—	1	—	1	—	2	—
120—130	1	—	2	—	1	—	2	—	2	—	1	—	3	—	1	—	3	—	1	—
130—140	1	—	2	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	—	—	1	—	3	—
140—150	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	2	—
150—160	2	—	2	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—
160—170	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	2	—	1	—	1	—	1	—	1	—
170—180	2	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1	—
180—190	2	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—
190—200	1	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
200—210	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	17	21	19	17	13	19	18	25	16	20	14	24	16	29	16	20	15	25	20	24
	38		36		32		43		36		38		45		36		40		44	

Aus dieser Tabelle ersehen wir, daß sämtliche Wurzeln, die tiefer als 1 m in den Boden eingedrungen sind, Wurmlöchern nachgewachsen sind.

Nach unseren Untersuchungen läßt sich also für „Alte Juli“ und „Thieles weiße Riesen“ ein im großen ganzen übereinstimmendes Bild des Wurzelsystems aufstellen. „Ebstorfer Up to date“ zeigte ähnliche Wurzelverhältnisse wie „Göttinger Industrie“. Zwar erreichten die Wurzeln ersterer Sorte nicht die Tiefe wie die der letzteren, doch dürfen wir hier nicht außer acht lassen, daß die Wurzelentwicklung von „Ebstorfer Up to date“ noch nicht abgeschlossen war.

Die Wurzeln der Kartoffeln sind also nach den festgestellten Resultaten durchaus imstande, den Boden nach allen Richtungen hin zu durchdringen, und sich nicht allein auf die oberen Schichten des Bodens zu beschränken.

Noch Pistohlkors[1]) sagt von der Kartoffelwurzel, daß „sie durchaus zu den trägen Wurzeln gerechnet werden muß, sie schließt weder auf, noch durchdringt oder lockert sie den Boden wesentlich. Die Kultur muß für sie alles machen. Das Wurzelsystem der Kartoffel muß als eins der charakterlosesten bezeichnet werden". Er sucht dieses zu beweisen durch von Dr. Schulz mitgeteilte Beobachtungen von Kartoffelwurzeln, „die ganz gegen ihre Gewohnheit 120 cm tief in den Boden eindrangen, bloß weil die Wurzeln der Vorfrucht (Lupinen) ihnen eine Verbreitung in dieser Richtung am bequemsten machten".

Diese Ausführungen von Pistohlkors lassen sich heute wohl nicht mehr aufrecht erhalten, denn nach den gefundenen Resultaten ist anzunehmen, daß auch die Kartoffel — wie jede andere Pflanzenart — bei der Anlage ihrer Wurzeln ebenso eine eigene architektonische Idee verfolgt wie beim Bau ihrer oberirdischen Organe. Gleichzeitig auch haben wir gesehen, daß die Kartoffelwurzeln nicht nur „ganz gegen ihre Gewohnheit" 120 cm tief gingen, sondern, daß die Wurzeln der 4 untersuchten Sorten auch ohne Lupinenvorfrucht diese Tiefen erreichten. Daß sie nicht nur der „bequemsten Richtung" nachfolgten, beweist schon die zum Teil sehr erhebliche Seitenausbreitung, die bei allen 4 Sorten zu sehen war.

Der größte Prozentsatz der Wurzeln, die zur Seite gewachsen waren, war bei allen untersuchten Sorten in den oberen Schichten zu finden. Es ist auffällig, daß bei allen Pflanzen sich das energische Bestreben geltend machte, gerade in der Nähe der Erdoberfläche horizontal verlaufende Wurzeln zu bilden. Eine Erklärung hierfür finden wir allerdings darin, daß in den oberen Schichten die Bedingungen für die Wurzelfunktion günstiger sind, daß ferner die Menge der aufnehmbaren Nahrung größer ist, während diesem die „rohe" Beschaffenheit des Untergrundes gegenübersteht. Andererseits können wir auch Kraus[2]) recht geben,

[1]) Pistohlkors, Wurzelkenntnis und Pflanzenproduktion.

[2]) Kraus, Die Bewurzelung der Kulturpflanzen. In Wollny, Forschungen 1893. S. 15—19.

wenn er annimmt, daß „den oberen Wurzeln überhaupt eine besondere noch nicht erkannte Funktion zukommt".

Schon die Jugendpflanzen von „Ebstorfer Up to date" ließen ein gewisses Bestreben erkennen, bald möglichst nach Tiefe und Breite hin ein gewisses Bodenvolumen einzunehmen. Die Pflanze tut dies allein schon zur Sicherung ihrer Existenz. Der Wurzeltiefgang hielt sich aber zunächst in den oberen Schichten. Nach Beobachtungen von Pistohlkors scheint dabei Nährstoffreichtum die Verästelung auf Kosten der Länge des Wurzelsystemes allgemein zu fördern. Erst bei fortschreitender Entwicklung gingen die Wurzeln auch in größere Tiefen. Es kommt hierbei aber nicht so sehr darauf an, daß die Wurzeln größere Tiefen erreichen, sondern wesentlich darauf, daß sie auch das Vermögen besitzen, diese Tiefen dann auch aufzuschließen. Gerade diese Eigenschaft macht uns die Pflanze für die Ausnutzung des Bodens so wertvoll.

Aus all den Ausführungen läßt sich erkennen, wie wichtig es für uns ist, eine genaue Kenntnis der Bewurzelungsverhältnisse der Kulturpflanzen zu besitzen.

Schon Nobbe[1]) meinte zutreffend, daß die richtige Bearbeitung und Düngung des Bodens erst auf Grund der Kenntnis des Wurzelsystemes möglich sei. Czerhati und Wollny[2]) bestätigten seine Ansicht durch Forschungen, welche bewiesen, „daß die Kulturpflanzen auch in dieser Beziehung individuell behandelt werden sollen". Denn nur dann können sich die oberirdischen Organe in voller Üppigkeit entfalten, wenn die Wurzeln den höchsten Grad ihrer Entwicklungsmöglichkeit zu erreichen vermögen.

Unsere Ausführungen können keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben, denn dafür war die Zahl der untersuchten Pflanzen jeder einzelnen Sorte zu gering. Nur häufige und an der Hand einer näheren Kenntnis der spezifischen Bewurzelungsverhältnisse vorgenommene Untersuchungen können zu allgemeinen Resultaten führen.

---

[1]) Nobbe, Landw. Versuchs-Station Bd. 11.

[2]) Wollny, Forschungen Bd. 18, S. 73.

Literaturangabe.

Burmester, Einfluß des Bodenvolumens und des Nährstoffvorrates auf die relative Wurzelentwicklung und den Ertrag bei den Sommerhalmfrüchten. Journal f. Landw. 1913.

Fraas, Das Wurzelleben der Pflanze, 1871.

Garola, Journal d'agriculture 1891, Bd. 1, Nr. 129.

Haberlandt, Österr. landw. Wochenbl. 1875, Nr. 495.

Hellriegel, Naturwissenschaftl. Grundlagen.

Heinrich, Landw. Analen des meckl. patriotischen Vereins 1876, Nr. 7.

Jensen, V., Über die Fruchtbarkeit des Erdbodens in ihrer Abhängigkeit von den Leistungen der in der Erde wohnenden Würmer. Landw. Jahrb. 1882.

Kraus, Die Bewurzelung der Kulturpflanzen in physiologischer und kultureller Beziehung. In Wollny, Forschungen, 1893.

Mitscherlich, Bodenkunde für Land- und Forstwirte, 1905.

Müller-Thurgau, Über Bedeutung und Wachstum der Wurzeln. Landw. Jahrb. 1875.

Nobbe, Landw. Versuchs-Station Bd. 6 und 11.

Nowacki, Getreidebau.

Pistohlkors, Wurzelkenntnis und Pflanzenproduktion, 1898.

Remy, Hackfruchtbau (Kartoffelbau), 1909.

Rotmistroff, Die Gebiete der Verbreitung der Wurzeln bei einjährigen Kulturpflanzen. Russ. Journ. f. Landw. Bd. 9, 1908.

v. Seelhorst, Das landwirtschaftliche Versuchsfeld der Universität Göttingen.

— —, Journ. f. Landwirtschaft 1902.

Stössner, Landw. Jahrb. 1887, Bd. 16.

Tornau, Göttinger Hafer 1, 2, 3, 4. Diss.

Thiel, Bewurzelung, 1865.

Wollny, Forschungen Bd. 15—19.

Werner und Schultz-Lupitz, Berichte, Jahrb. der D. L.-G. 1891.

Lebenslauf.

Ich, Otto Kläsener, bin geboren zu Gladbeck am 21. Juni 1899 als Sohn des Betriebsführers Heinrich Kläsener und seiner Frau Anna geb. Schmalz. Vom 6.—10. Lebensjahre besuchte ich die Volksschule zu Gladbeck. Von meinem 10. Lebensjahre ab besuchte ich das Realgymnasium daselbst und verließ dieses im Juni 1917 mit dem Zeugnis der Reife. Bis April 1918 war ich dann bei der Stadtverwaltung Buer i. W. im vaterländischen Hilfsdienste tätig. Am 10. April 1918 wurde ich zum Militär eingezogen und kehrte Ende Januar 1919 aus dem Felde zurück. Von da ab widmete ich mich meiner praktischen Ausbildung als Landwirt. Im W.-S. 1920/21 und S.-S. 21 studierte ich an der landwirtschaftlichen Hochschule in Bonn-Poppelsdorf. Im W.-S. 21/22 besuchte ich die landwirtschaftliche Hochschule zu Hohenheim. Ich kehrte dann wieder nach Bonn zurück und legte dort im März 1923 meine Diplomprüfung ab. Im S.-S. 23 und W.-S. 23/24 studierte ich an der Universität Göttingen. Vorlesungen hörte ich bei den Herren Professoren: Remy, Brinckmann, Lang, Richardsen, Vormfelde, Skalweit, Schumacher, Kappen, Brauns, Körnicke, Borgert, Hagemann, Walther, Sohnle, Wacker, Tornau, Burgeff, Schermer, Oldenberg, Rippel und Blanck.

Indem ich allen meinen Lehrern meinen verbindlichsten Dank ausspreche, möchte ich es an dieser Stelle nicht verfehlen, meinem hochverehrten Chef Herrn Professor Dr. Tornau meinen besonderen Dank auszusprechen für die Anregung zu dieser Arbeit und für die Unterstützung und das große Interesse, das er mir bei Ausführung dieser Arbeit stets entgegengebracht hat.

Otto Kläsener.